

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность  
Отделение контроля и диагностики

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы	
<b>Влияние солей жесткости воды на эффективность огнетушащих свойств пенообразующих составов, применяемых при пожаротушении</b>	

УДК 614.842.615-027.236:543.32

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е41	Штайнбрехер Наталья Андреевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Романцов Игорь Иванович	К.Т.Н		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Николаенко Валентин Сергеевич			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева Ирина Леонидовна			

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ОКД	Суржиков Анатолий Петрович	д.ф.-м.н., профессор		

Томск – 2018 г.

## Результаты освоения образовательной программы по направлению 20.03.01 Техносферная безопасность

Код резу льта та	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР, и/или заинтересованных сторон
Общие по направлению подготовки		
P1	Способность понимать и анализировать социальные и экономические проблемы и процессы, применять базовые методы гуманитарных, социальных и экономических наук в различных видах профессиональной и социальной деятельности.	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, 2, ОПК-2). CDIO Syllabus (2.4, 4.1, 4.2.7, 4.7). Критерий 5 АИОР (п. 2.12)
P2	Демонстрировать понимание сущности и значения информационных технологий в развитии современного общества и для ведения практической инновационной инженерной деятельности в области техносферной безопасности	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК-1). CDIO Syllabus (3.2). Критерий 5 АИОР (п. 2.5)
P3	Способность эффективно работать самостоятельно, в качестве члена и руководителя интернационального коллектива при решении междисциплинарных инженерных задач с осознанием необходимости интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-3, 5, 6, 7, ОПК-1, ОПК-3, ОПК-5, ПК-8). CDIO Syllabus (2.4, 2.5, 3.1, 3.3, 4.2), Критерий 5 АИОР (п. 2.9, 2.12, 2.14)
P4	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности, в том числе на иностранном языке.	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-4, ОПК-4). CDIO Syllabus (3.2). Критерий 5 АИОР (п. 2.11)
P5	Способность применять основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования с целью выбора и оптимизации устройств, систем и методов защиты человека и природной среды от опасностей.	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-8, ОПК-1, ПК-5). CDIO Syllabus (1.1, 2.1). Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.4, 2.6, 2.7, 2.8)
Профиль		
P6	Уметь выбирать, применять, оптимизировать и обслуживать современные системы обеспечения техносферной безопасности на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях, в том числе при реализации инновационных междисциплинарных проектов	Требования ФГОС ВО (ОПК-5, ПК-5, ПК-6, ПК-7). CDIO Syllabus (1.3, 2.1–2.5). Критерий 5 АИОР (п. 2.2, 2.4, 2.6, 2.7, 2.8), требованиями проф. стандарта 40.056 Профессиональный стандарт «Специалист по противопожарной профилактике»
P7	Уметь организовать деятельность по обеспечению техносферной безопасности на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях, в том числе при реализации инновационных междисциплинарных проектов	Требования ФГОС ВО (ПК-9, ПК-10, ПК-11, ПК-12, ОПК-3, 4, 5). CDIO Syllabus (1.3, 2.1–2.5, 3.1) Критерий 5 АИОР (п. 2.6, 2.12), требованиями проф. стандарта 40.056 Профессиональный стандарт «Специалист по противопожарной профилактике»
P8	Уметь оценивать механизм, характер и риск воздействия техносферных опасностей на человека и природную среду	Требования ФГОС ВО (ПК-12, ПК-16, ПК-17). CDIO Syllabus (1.3, 2.1–2.5). Критерий 5 АИОР (п. 2.2–2.8), требованиями проф. стандартов 40.056 «Специалист по противопожарной профилактике», 40.054 «Специалист в области охраны труда»

P9	Применять методы и средства мониторинга техносферных опасностей с составлением прогноза возможного развития ситуации	Требования ФГОС ВО (ПК-12, ПК-14, ПК-15, ПК-17, ПК-18). СДИО Syllabus (1.3, 2.1–2.5). Критерий 5 АИОР (п. 2.2–2.8)
----	--	--

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность  
Отделение контроля и диагностики

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ОКД  
\_\_\_\_\_ А.П. Суржиков  
05.02.2018 г.

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы
---------------------

Студенту:

Группа	ФИО
1E41	Штайнбрехер Наталья Андреевна

Тема работы:

Влияние солей жесткости воды на эффективность огнетушащих свойств пенообразующих составов, применяемых при пожаротушении	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	11.06.2018 г.
--	---------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду; энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p><i>Объектом исследования являются пенообразователи, применяемые при тушении пожара.</i></p>
---	--

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>1. Изучить и проклассифицировать огнетушащие вещества.</p> <p>2. Изучить огнетушащие вещества изоляции.</p> <p>3. Определить, как влияют соли жесткости воды на эффективность огнетушащих свойств пенообразующих составов.</p>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>График зависимости времени тушения н-гептана от жесткости воды</p>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
<b>Социальная ответственность</b>	Мезенцева Ирина Леонидовна
<b>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</b>	Николаенко Валентин Сергеевич

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	05.02.2018 г.
---	---------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Романцов Игорь Иванович	к.т.н.		05.02.2018 г.

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е41	Штайнбрехер Наталья Андреевна		05.02.2018 г.

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность  
Уровень образования бакалавр  
Отделение контроля и диагностики  
Период выполнения весенний семестр 2017/2018 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН  
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	11.06.2018 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
12.03.2018 г.	Введение.	20
26.03.2018 г.	Обзор литературы.	10
09.04.2018 г.	Экспериментальная часть. Подготовка образцов воды различных градусов жесткости.	15
23.04.2018 г.	Экспериментальная часть. Проведение опытов по определению влияния солей жесткости воды на эффективность огнетушащих свойств	15
07.05.2018 г.	Экспериментальная часть. Обработка результатов.	10
21.05.2018 г.	Разработка разделов «Социальная ответственность» и «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	10
04.06.2018 г.	Оформление и представление ВКР	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Романцов Игорь Иванович	к.т.н.		05.02.2018

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ОКД	Суржигов Анатолий Петрович	д.ф.-м.н., профессор		05.02.2018

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1Е41	Штайнбрехер Наталья Андреевна

Школа	ИШНКБ	Отделение	ОКД
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	20.03.01 Техносферная безопасность

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<i>Объектом исследования являются пенообразователи, применяемые при тушении пожара.</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Производственная безопасность</b> 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: <ul style="list-style-type: none"> <li>– физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>– предлагаемые средства защиты;</li> <li>– (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства).</li> </ul> 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: <ul style="list-style-type: none"> <li>– механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– термические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты)</li> </ul>	<i>В качестве вредных факторов могут выступать слабая освещенность, повышенный уровень шума и значения микроклимата, не соответствующие допустимым.</i> <i>К анализу выявленных опасных факторов относится электробезопасность</i>
<b>2. Экологическая безопасность:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– защита селитебной зоны</li> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> <li>– разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</li> </ul>	<i>Анализ воздействия на атмосферу и гидросферу</i>
<b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;</li> </ul>	<i>Мероприятия режимного характера, обучение и разработка планов эвакуации</i>

<ul style="list-style-type: none"> <li>– выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</li> </ul>	<p><i>людей в случае пожара. Современные автоматические средства сигнализации, методы и устройства ограничения распространения огня, автоматические стационарные системы тушения пожаров, первичные средства пожаротушения.</i></p>
<p><b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<p><i>К правовым и организационным вопросам обеспечения безопасности относится компоновка рабочей зоны.</i></p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева Ирина Леонидовна			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е41	Штайнбрехер Наталья Андреевна		

# ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
1Е41	Штайнбрехер Наталья Андреевна

<b>Школа</b>	<b>ИШНКБ</b>	<b>Отделение</b>	<b>ОКД</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавр	<b>Направление/специальность</b>	20.03.01 «Техносферная безопасность»

## Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих. 2. Нормы и нормативы расходования ресурсов. 3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования.	<i>Человеческие ресурсы – 2 человека. Бюджет затрат НИИ – 119818,57 рублей.</i>
--	---

## Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

Планирование научно-исследовательских работ	<i>Планирование этапов работы, определение календарного графика и трудоемкости работы, расчет бюджета</i>
---	---

## Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей</li> <li>2. Временные показатели проведения научного исследования</li> <li>3. График проведения НИ</li> <li>4. Материальные затраты</li> <li>5. Расчет основной заработной платы</li> <li>6. Отчисления во внебюджетные фонды</li> <li>7. Бюджет НИИ</li> </ol>
---

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст.преподаватель	Николаенко Валентин Сергеевич			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е41	Штайнбрехер Наталья Андреевна		



## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 62 с., содержит 2 рис., 12 табл., 16 источников.

Ключевые слова: огнетушащие вещества, горение, пенообразователь, пена.

Объектом исследования являются пенообразователи, применяемые при пожаротушении.

Цель работы – изучение таких средств тушения пожаров, как пена, и влияние солей жесткости воды на эффективность огнетушащих свойств пенообразующих составов.

В процессе исследования проводился анализ влияния солей жесткости воды на эффективность огнетушащих свойств пенообразующих составов.

В результате исследования были изучены и проклассифицированы огнетушащие вещества, изучены огнетушащие вещества изоляции, проведен анализ влияния солей жесткости воды на эффективность огнетушащих свойств пенообразующих составов.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики:

В дальнейшем данная тема исследования представляет интерес, т.к. посвящена актуальной проблеме – борьба с негативными последствиями пожара.

## **СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ**

ПАВ – поверхностно-активное вещество

ПО – пенообразователь

УПН – установка подготовки нефти

AFFF – пенообразователь пленкообразующий фторсинтетический

FFFP – пенообразователь пленкообразующий фторпротеиновый

## Содержание:

Введение.....	13
1. Литературный обзор .....	15
1.1 Вода и ее свойства.....	15
1.1.1 Примеси, содержащиеся в природной воде, и их свойства .....	17
1.1.2 Свойства природной воды .....	18
1.2 Общие сведения о горении .....	20
1.2.1 Тушение пожаров.....	22
1.3 Огнетушащие вещества изоляции.....	23
1.3.1 Классификация пенообразователей .....	25
1.3.2 Основные показатели пены.....	27
1.3.3 Пенообразователи .....	29
1.3.4 Способы получения пены .....	30
1.3.5 Система тушения пожаров пневматической пеной.....	32
1.3.6 Огнетушащие свойства пен .....	34
1.3.7 Основные характеристики отечественных и зарубежных пенообразователей .....	35
2. Экспериментальная часть.....	38
3. Социальная ответственность .....	40
Введение.....	40
3.1 Производственная безопасность .....	40
3.1.1 Микроклимат.....	40
3.1.2 Освещение .....	42
3.1.3 Уровень шума.....	44
3.1.4 Химические факторы.....	44
3.1.5 Электробезопасность .....	44
3.1.6 Пожарная безопасность.....	46
3.1.7 Эвакуация при пожаре.....	47
3.2 Экологическая безопасность.....	47
3.3 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	47
Заключение .....	48

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсоснабжение ...	49
4.1. Планирование научно-исследовательских работ .....	49
4.1.1 Структура работ в рамках научного исследования .....	49
4.1.2 Определение трудоемкости выполнения работ .....	50
4.1.3 Разработка графика проведения научного исследования .....	51
4.1.4 Бюджет научно-технического исследования .....	55
4.1.4.1 Расчет материальных затрат НТИ .....	55
4.1.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ .....	56
4.1.4.3 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы	56
4.1.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) .....	58
4.1.4.5 Накладные расходы .....	58
4.1.4.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта .....	59
Заключение .....	60
Список литературы .....	61

## **ВВЕДЕНИЕ**

Человечество столкнулось с пожарами, как реальной угрозой, еще на ранних этапах развития цивилизации. И по сей день они являются одной из главных опасностей, которая уносит ежегодно десятки тысяч людей, приносит глобальные материальные потери и миллиардный ущерб для экономики страны.

По статистике на 2017 год в России произошло 132406 пожаров, в которых погибло 7782 человек. С каждым годом число пожаров уменьшается, но это не уменьшает значимость данной проблемы.

По числу пожаров в мировой статистике Росси занимает второе место совместно с такими странами, как США, Франция, Германия, Аргентина, Китай, Индия, Бразилия, Италия. А по числу жертв – первое, наряду с Пакистаном и Индией.

Несомненно, что разработка высококачественных методов борьбы с пожарами считается проблемой первостепенной важности в современном мире.

Процессы горения, газо- и теплообмена являются основными явлениями, которые сопровождают пожар. Данные процессы являются изменяющимися в пространстве и времени и характеризуются параметрами пожара. Пожар – открытая термодинамическая система, которая обменивается с окружающей средой энергией и веществами.

Процесс горения происходит постепенно. Источник горения воздействует на горючее вещество, тем самым вызывая его нагревание (в большей степени происходит нагревание поверхностного слоя), далее поверхность активизируется, материал разрушается и испаряется в результате термических и физических процессов, образуются газообразные продукты реакции и твердые частицы исходного вещества.

Для обнаружения источника горения и последующего его устранения используются огнетушащие вещества различных видов и назначения.

Актуальность таких средств обусловлена наличием различного рода проблем в области обеспечения пожарной безопасности – противопожарной защите при нарушениях правил устройства и эксплуатации электроустановок, короткими замыканиями в электрооборудовании, перегрузкой проводов, большими переходными сопротивлениями в местах контакта проводников, плохой подготовкой оборудования к ремонту, самовозгоранием неправильно складированных материалов, в бытовых условиях в результате неосторожного обращения с огнем.

Применение наиболее эффективных огнетушащих средств необходимо для успешного тушения пожара, вопрос о выборе которых должен быть решен практически мгновенно.

Целью моего исследования является изучение таких средств тушения пожаров, как пена, и влияние солей жесткости воды на эффективность огнетушащих свойств пенообразующих составов.

В задачи исследования входит:

1. Изучить и проклассифицировать огнетушащие вещества.
2. Изучить огнетушащие вещества изоляции.
3. Определить, как влияет на пенообразование соли жесткости воды.

# 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

## 1.1 Вода и ее свойства

Вода – это химическое соединение, состоящее из двух атомов водорода и одного – кислорода, соединенных между собой ковалентной связью. Вода может находиться в трех агрегатных состояниях – твердом, жидком и газообразном. Данное химическое соединение не обладает такими свойствами, как запах, вкус и цвет.

Вода обладает уникальными физическими и химическими свойствами, которые обуславливаются полярностью молекул воды и наличием между ними водородных связей. Максимальная плотность воды достигается при температуре 3,98 °С, при дальнейшем охлаждении она переходит в твердое агрегатное состояние – лед, при котором также происходит уменьшение плотности. При плавлении льда, объем уменьшается, а теплоемкость увеличивается более чем в два раза. Вода обладает высокими значениями теплоты плавления и удельной теплоемкости, а летучесть, наоборот, небольшая. При увеличении температуры до 27 °С теплоемкость воды уменьшается, а при дальнейшем нагревании вновь начинает расти. При повышении давления вязкость воды уменьшается[1].

Физические свойства чистой пресной воды приведены в таблице 1.

Основной солевой состав морской воды приведен в таблице 2.

Исследование современными методами химического и физико-химического анализа морской воды показало наличие в ней большинства известных в природе химических элементов в разных формах. Помимо солей в ее состав входят распространенные газы; коллоиды гидроокисных соединений железа, марганца, алюминия, а также сорбированные на них редкоземельные элементы; взвешенные частицы глинистых минералов; продукты деятельности подводных вулканов; взвеси, принесенные реками; атмосферная и космическая пыль.

В состав водных ресурсов включены все виды вод, которые могут быть пригодны для потребления. Первостепенная роль при установлении водных ресурсов отводится пресным водоемам суши. Это связано с тем, что они наиболее доступны и постоянно возобновляются, что является характерной особенностью при их рациональном использовании.

Морские и минерализованные воды применяются для водоснабжения после соответствующей обработки. Однако они не могут играть главную роль в водном хозяйстве, что связано со значительными энергетическими расходами и сложностью технологического оформления. Запасы пресной воды, которые могут быть доступны для использования, ограничены. Неравномерность их распределения является дополнительным осложнением. Это создает напряженные условия эксплуатации водных ресурсов в отдаленных районах.

Таблица 1 – Физические свойства воды

Свойства	Значение
Плотность, г/см <sup>3</sup>	
Лед	0,9168 (0°C)
Жидкость	0,99987 (0°C)
	1,000 (3,98°C)
Пар насыщенный	0,99823 (20°C)
	0,5977 кг/м <sup>3</sup> (100°C)
Температура плавления	0°C
Температура кипения	100°C
Критическая температура	374,15°C
Критическое давление	218,53 кг*с/см <sup>3</sup>
Теплота плавления	79,7 кал/г
Поверхностное натяжение воды на границе с воздухом, дин/см	74,64 (0°C)
	62,61 (80°C)
Скорость звука в воде, м/с	1,496 (25°C)



Таблица 2 – Солевой состав морской воды

Компоненты	Содержание, %
Cl <sup>-</sup>	18,9790
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	2,6486
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,1397
Br <sup>-</sup>	0,0646
F <sup>-</sup>	0,0013
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	0,0260
Na	10,5561
Mg	1,2720
Ca	0,4001
K	0,3800
Sr	0,0133

### 1.1.1 Примеси, содержащиеся в природной воде, и их свойства

Все природные воды содержат примеси. Их количество определяется характером взаимодействия с атмосферой и почвой. Основными источниками влаги, поступающей в атмосферу, являются испарения с поверхности морей, что и является главной причиной отсутствия в ней веществ, которые содержатся в морской воде. Но при конденсации и попадании этой влаги на землю в виде осадков, в ней растворяются в небольших количествах такие вещества как кислород, углекислый газ, окиси азота и соли аммония, а в промышленных районах примеси также содержат значительное количество окислов серы и других веществ, которые попадают в атмосферу в результате сжигания угля.

Дождевая вода также содержит много различных примесей, что связано с нахождением в воздухе пыли и бактерий. Дополнительно в нее попадают растворимые соединения из почвы, так как она течет по поверхности земли и проходит через грунт. Поэтому даже чистая ключевая вода обычно в значительном количестве содержит растворенные соли.

Наконец, дренажные, бытовые и производственные сточные воды сбрасывают в образовавшиеся ручьи или реки на всем их протяжении.

В результате рассмотренных выше процессов природные воды могут содержать следующие примеси:

- 1) Твердые и жидкие взвешенные вещества (например, капли масла, остатки растений, продукты выветривания минералов).
- 2) Окрашивающие вещества.
- 3) Различные микроорганизмы и бактерии.
- 4) Полуколлоидные вещества (например, сложные белковые аминокислоты, которые обычно при качественном анализе классифицируют как альбуминоид аммиака).
- 5) Растворенные газы, в том числе кислород, углекислый газ, азот и его окислы, а иногда также сероводород и аммиак.
- 6) Природные соли, диссоциирующие в воде на ионы, к числу которых относятся:
  - Катионы, например, катионы магния, кальция, железа, алюминия, натрия, калия, а также следы других катионов, таких как медь и цинк.
  - Анионы, например, нитрат-ионы, бикарбонат-ионы, сульфат-ионы, хлорид-ионы, а иногда фторид-ионы, нитрит-ионы, могут присутствовать в небольших количествах в результате частичного окисления альбуминоидного аммиака, что обычно указывает на загрязнение сточными водами.
- 7) Кремниевая кислота в ионной и коллоидной форме.

### **1.1.2 Свойства природной воды**

Также вода обладает такими свойствами, как цветность, жесткость, щелочность и величина сухого остатка. Наибольший интерес данные

свойства представляют с точки зрения хозяйственного и промышленного применения.

Цветность обычно зависит от присутствия органических веществ в природной воде в виде взвешенных или растворенных коллоидных частиц. Для измерения цветности применяется калориметр, выражают результат в единицах Хазена.

Первоначально жесткость определяли, как способность воды свертывать мыло. Такое свойство воды обуславливается присутствием в ней ионов кальция и магния. Эти ионы вступают в реакцию с натриевыми солями жирных кислот (входящих в состав мыла) и образуют нерастворимые мыла кальция и магния, не обладающие моющим свойством. Ионы других металлов, например, алюминия, стронция, железа, бария и марганца, также вступают в реакцию и таким образом могут быть отнесены к солям жесткости, но в природной воде их содержится очень незначительное количество. Кроме того, такие кислоты, как угольная, могут вызвать выделение свободной жирной кислоты из мыльного раствора и таким образом увеличить жесткость.

Жесткость подразделяется на общую, карбонатную и некарбонатную. Содержание в воде ионов кальция и магния и определяют общую жесткость.

Карбонатная жесткость определяется как жесткость, которая обусловлена наличием гидроокисей магния и кальция, карбонатов и бикарбонатов. В исходной воде карбонатная жесткость в большей степени связана с наличием бикарбонатов, но обработанная или кипяченая вода может также иметь жесткость, содержащую гидроокиси магния и карбонат кальция. Щелочность, которую измеряли титрованием неорганической кислоты с применением метилоранжа в качестве индикатора, равна сумме концентраций гидроокиси, карбоната и бикарбоната, выраженной в эквивалентах. Если такая щелочность меньше, чем общая жесткость, также выраженная в эквивалентах, то карбонатная жесткость равна щелочности. И,

наоборот, когда щелочность по метилоранжу равна общей жесткости или больше ее, карбонатная жесткость равна общей жесткости.

Некарбонатная жесткость – разность между общей и карбонатной жесткостью.

Жесткость воды обычно измеряется путем титрования раствором пальмитиново- или олеиновокислого калия, но эти способы в настоящее время вытеснены титрованием при помощи раствора двунатриевой или четырехнатриевой соли этилендиаминтетрауксусной кислоты. Этот реагент образует с ионами кальция и магния, а также с ионами других металлов в водных растворах сложные комплексы и практически полностью связывает их[2].

## **1.2 Общие сведения о горении**

Горение – это химическая реакция окисления, которая сопровождается выделением большого количества тепла и свечением. Горение может происходить в двух формах: горения и взрыва, что зависит от скорости процесса.

Взрыв является частным случаем горения, который протекает мгновенно и характеризуется непродолжительным выделением большого количества света и тепла.

Наличие источника воспламенения и горючей среды являются необходимыми условиями для протекания процесса горения.

Горючая среда состоит из горючего вещества и окислителя. В качестве окислителя чаще всего выступает кислород воздуха. Для начала горения необходимо, чтобы горючая среда была нагрета до определенной температуры при помощи источника энергии (искра механического или электрического происхождения, пламя, тепловое проявление механической, химической или электрической энергии, нагретые тела).

Определенное количественное соотношение кислорода и горючего вещества, а также определенная тепловая энергия и температура источника

воспламенения служит для возникновения и продолжения горения. Горение различается на два вида: полное (происходит при избыточном или достаточном количестве кислорода) и неполное (возникает при недостатке кислорода). Едкие и ядовитые взрывоопасные и горючие продукты (спирты, альдегиды, окись углерода, кислоты) образуется при неполном горении.

Горючие вещества могут находиться в трех агрегатных состояниях: твердом, жидком и газообразном[3].

Пожар – неконтролируемое горение, которое причиняет вред здоровью и жизни граждан, интересам общества и государства, а также материальный ущерб.

Поражающие факторы определяют последствия пожаров, которые приводят к материальному и людскому ущербу. Опасные факторы пожара подразделяются на первичные и вторичные.

К первичным поражающим факторам пожара относятся:

- 1) Повышенная температура окружающей среды и предметов.
- 2) Открытый огонь и искры.
- 3) Пониженная концентрация кислорода.
- 4) Токсичные продукты горения.
- 5) Дым и плохая видимость.

Наибольшую опасность составляют продукты термического разложения и горения, которые представляют собой массу, раскаленную до 300–400 °С, а также смесь отравляющих высокотоксичных веществ, которые парализуют органы дыхания человека.

К вторичным поражающим факторам пожара относятся:

- 1) Токсичные вещества и материалы из разрушенных механизмов и агрегатов.
- 2) Падающие части зданий, сооружений, агрегатов, установок и систем.
- 3) Паника и растерянность.
- 4) Электрическое напряжение вследствие потери изоляции токоведущими частями механизмов.

### 1.2.1 Тушение пожаров

Локализация и ликвидация огня являются составными частями процесса тушения пожара. Ограничение распространения огня и создание условий для его ликвидации, называют локализацией. Под ликвидацией понимают окончательное тушение и исключение возможности повторного возникновения огня.

С точки зрения производства работ, связанных с тушением пожаров, спасением людей и материальных ценностей, выделяют три зоны:

- 1) Зона отдельных пожаров – районы, на территориях которых возникают возгорания на отдельных участках, зонах, производственных сооружениях.
- 2) Зона массовых и сплошных пожаров – территория, где возникает такое множество возгораний и пожаров, что проход и нахождение в ней соответствующих подразделений без проведения мероприятий по локализации или тушению невозможны, а ведение спасательных работ затруднено.
- 3) Зона затухающих пожаров и тления в завалах – районы сильного задымления и продолжительного (свыше двух суток) горения и завалах.

Степень огнестойкости здания, плотность застройки и скорость ветра оказывают непосредственное влияние на скорость распространения огня[4].

Выполнение одного из следующих условий является необходимым для прекращения горения:

- 1) Флегматизация (понижение концентрации кислорода с помощью разбавления негорючими газами воздуха) до значения, при котором невозможно горение, или изоляция от воздуха очага горения
- 2) Охлаждение до температур ниже определенных значений очага горения (температур воспламенения, самовоспламенения и вспышки горючих веществ и материалов).

- 3) Ингибирование (торможение в пламени скорости химических реакций).
- 4) Воздействие на пламя сильной струей воды или газа – механический срыв.
- 5) Создание условий огнепреграждения, способствующих угасанию пламени, за счет распространения через узкие каналы.

Средства тушения (огнетушащие вещества) могут быть условно разделены на следующие основные группы:

- 1) Вода и водные растворы.
- 2) Пены.
- 3) Газовые огнетушащие составы.
- 4) Порошковые огнетушащие составы.
- 5) Аэрозольные огнетушащие составы.
- 6) Прочие огнетушащие составы.

Эффект воздействия всех существующих огнетушащих веществ и составов на горение зависит от физико-химических свойств горящих материалов, условий их горения и других факторов. Водой и пенными средствами можно изолировать и охлаждать очаг горения, инертными разбавителями – разбавлять воздух, хладонами – ингибировать горение и разбавлять воздух, порошками – ингибировать горение и препятствовать распространению пламени устойчивым порошковым облаком. Однако для любого огнетушащего средства преимущественным является только одно огнетушащее воздействие. Например, вода преобладающе оказывает воздействие охлаждения, пены – изоляции, а хладоны и порошки – ингибирования[5].

### **1.3 Огнетушащие вещества изоляции**

Огнетушащими веществами, которые оказывают изолирующее действие, считаются пена, негорючие сыпучие вещества (земля, песок, графит, флюсы и др.), огнетушащие порошки, листовые материалы (щиты,

асбестовые, войлочные, брезентовые покрывала). В отдельных случаях вода также может быть использована в качестве изолирующего материала, например, при тушении сероуглерода.

Наиболее эффективным и широко применяемым веществом изолирующего действия является пена, представляющая собой коллоидную систему из жидких пузырьков, которые наполнены газом.

В пленке пузырьков содержится раствор поверхностно-активных веществ в воде с различными стабилизирующими добавками. Пены классифицируются на воздушно-механические и химические.

При взаимодействии кислоты с карбонатом или бикарбонатом в присутствии пенообразователя образуется химическая пена. Ее получают из воды и пенопорошка в переносных пеногенераторах. За счет выделения значительного количества двуокси углерода образуется плотный покров устойчивой пены (слой толщиной 7–10 см), который не пропускает пары жидкости и мало разрушается от действия пламени.

Воздушно механическая пена состоит из смеси воздуха (90 %), воды (9,6–9,8 %) и пенообразователя (0,2–0,4 %). Пенная смесь не электропроводна, безвредна для человека и экономична.

Совместно с воздушно-механической пеной часто используют огнетушащие порошковые составы, которые не растворяются в воде. Такие составы высокоэффективны для ликвидации пламенного горения. Минусом является то, что они практически не охлаждают горящую поверхность. Но пена дополнительно изолирует поверхность, тем самым компенсируя этот недостаток.

Универсальность пены заключается в том, что она применяется для тушения как твердых, так и жидких веществ, за исключением веществ, которые взаимодействуют с водой. Пены обладают электропроводностью и способны корродировать металлы. Химическая пена является наиболее активной и электропроводной. Менее электропроводная, чем химическая,



воздушно-механическая пена, однако, она более электропроводна, чем вода, которая входит в ее состав.

Способность пены препятствовать прониканию паров газов и различных излучений через ее слой и испарению горючего вещества обуславливает ее изолирующие свойства. Данные свойства зависят от вязкости, дисперсности и стойкости пены.

### **1.3.1 Классификация пенообразователей**

Пенообразователи и пены различаются по:

- 1) Назначению пенообразователя:
  - Общего назначения;
  - Целевого назначения;
  - Пленкообразующие.
- 2) Структуре пены:
  - Высокодисперсные;
  - Грубодисперсные.
- 3) Химической природе поверхностно-активного вещества:
  - Синтетические углеводородные;
  - Фторсодержащие;
  - Протеиновые (белковые).
- 4) Способу образования:
  - Воздушно-механические;
  - Химические (конденсационные);
  - Струйные;
  - Барботажные.
- 5) Кратности:
  - Пены низкой кратности и пеноэмульсии;
  - Пены средней кратности;
  - Пены высокой кратности.

Отличием пенообразователей целевого назначения является определенная направленность состава. Например, образующие очень устойчивую пену, длительно не разрушающуюся на открытом воздухе, препятствуют повторному воспламенению горючего, так как они хорошо сохраняются на поверхности потушенной нефти или бензина.

Пенообразователи являются многокомпонентными растворами, например, пенообразователь «Сампо», в состав которого входят высшие жирные спирты, алкилсульфаты, карбамид, бутилацетат и бутанол.

Пенообразователи, состоящие из синтетических или природных полимеров, используются для тушения водорастворимых органических соединений и спиртов. В результате коагуляции на поверхности органического растворителя образуется полимерная пленка значительной толщины, механически защищающая пену от контакта с растворителем.

Из ламинарий (морских водорослей) добывают высокомолекулярное соединение – альгинат натрия, получившее широкое применение. Полимер коагулирует при контакте спирта с пеной и образует на поверхности спирта толстую полимерную пленку, предотвращающую непосредственный контакт спирта с пеной.

Морозоустойчивые пенообразователи, содержащие 15–35% полиэтиленгликолей, относятся к пенообразователям целевого назначения. Такие отечественные пенообразователи, как «Форэтол» и «Универсальный» являются многоцелевыми и широкоуниверсальными. Они используются при тушении любых горючих жидкостей. Наибольшая эффективность проявляется при тушении этилового спирта и метанола, преимуществом является несущественное разбавление их водой.

Пенообразователи, способные самопроизвольно формировать водную пленку на поверхности углеводородов, относятся к пленкообразующим, например, «Подслойный». Образовавшаяся пленка предназначена для предотвращения поступления в зону горения паров воды. Этот эффект

достигается благодаря резкому снижению поверхностного натяжения водного раствора до величины порядка 15–18 мН/м[6].

### 1.3.2 Основные показатели пены

Пене присуща определенная упругость и одновременно сохранение ряда свойств, которыми обладают компоненты пены. Сжимается, как газ. А раствор в пленках имеет свойства обычной жидкости.

Основные показатели, характеризующие пены:

- 1) Кратность.
- 2) Дисперсность.
- 3) Устойчивость во времени и при изменении температуры.
- 4) Структурно-механические свойства, теплопроводность, электропроводность.

Величина, равная отношению объема пены к объему раствора, который содержится в пене, определяет кратность пены. Эта характеристика показывает, сколько объемов пены получается из одного объема жидкости.

Определение кратности и устойчивости пены низкой и средней кратности осуществляется по ГОСТ Р 50588-93.

В зависимости от величины кратности, пены разделяют на четыре группы:

- 1) Пены высокой кратности ( $K > 200$ ).
- 2) Пены средней кратности ( $20 < K < 200$ ).
- 3) Пены низкой кратности ( $3 < K < 20$ ).
- 4) Пенoэмульсии ( $K < 3$ ).

Воздушно-механические пены средней и высокой кратности:

- 1) Хорошо проникают в помещения, свободно преодолевают повороты и подъемы.
- 2) Заполняют объемы помещений, вытесняют продукты сгорания, которые нагреты до высокой температуры (в том числе токсичные),

снижают температуру строительных конструкций, а также температуру в помещении в целом.

- 3) Прекращают пламенное горение и локализуют тление материалов и веществ, с которыми соприкасаются;
- 4) Создают условия, способствующие проникновению к очагам тления ствольщиков, для окончательной ликвидации горения (при соответствующих мерах защиты органов дыхания и зрения от попадания пены);

В практике тушения пожаров используются все четыре вида пены, которые получают различными способами и устройствами:

- 1) Пенноэмульсии – соударением свободных струй раствора.
- 2) Пены низкой кратности – пеногенераторами, в которых раствор пенообразователя смешивается с эжектируемым воздухом.
- 3) Пена средней кратности образуется на металлических сетках эжекционных пеногенераторов;
- 4) Пена высокой кратности образуется в результате принудительного наддува воздуха в пеногенератор от вентилятора, на специальном оборудовании или на генераторах с перфорированной поверхностью тонких металлических листов.

Дисперсность пены характеризуется средним размером воздушных пузырьков: чем меньше пузырьки, тем более высокую дисперсность имеет пена. Следовательно, грубодисперсной называют пену, обладающую большим размером ячеек.

Устойчивость, или стабильность, пены характеризуется временем ее существования до частичного или полного разрушения. Этот показатель определяют либо наблюдением за разрушением столба пены, либо измерением временем «жизни» отдельных пузырьков.

Различают следующие показатели устойчивости пены:

- 1) Устойчивость объема пены – характеризуется временем разрушения 25% от исходного объема.

- 2) Устойчивость структурная – характеризуется временем изменения среднего диаметра пузырьков на 25% от исходной величины.
- 3) Контактная устойчивость на поверхности полярных горючих жидкостей – характеризуется временем полного разрушения пены.
- 4) Термическая устойчивость – характеризуется временем разрушения всего объема пены под действием теплового потока от факела пламени.
- 5) Устойчивость изолирующего действия – характеризуется временем, в течение которого слой пены препятствует воспламенению жидкости открытым источником пламени.

Структурно-механические свойства пены – это способность пены определенное время сохранять свою первоначальную форму.

Вязкость пены – это показатель, который позволяет определить условия перекачивания пены по трубам, способность к свободному истечению из отверстий, а также растекаемость пенной массы по поверхности (например, при тушении пожара)

### **1.3.3 Пенообразователи**

Все основные свойства пены зависят в первую очередь от того, из каких компонентов (веществ) ее получают, т.е. от вида и дозировки пенообразователя.

Свойства пенообразователей оцениваются по следующим основным критериям:

- 1) Концентрация пенообразователя для приготовления стабильной (стойкой) пены.
- 2) Кратность получаемой пены.

Основными пенообразователями являются вещества для получения пены из водных растворов поверхностно-активных веществ. ПАВ при растворении в жидкостях существенно снижают поверхностное натяжение на границе раздела раствор – газ. Молекулы ПАВ образуют пузырьки. Чем меньше поверхностное натяжение раствора, тем меньшую работу

необходимо совершить, для получения большей поверхности раздела газ – жидкость, и тем легче получить большой объем пены путем создания большой поверхности пленок в пене.

Из раствора ПАВ с малым поверхностным натяжением можно получить пены повышенной кратности. Нетрудоемкое экспериментальное определение поверхностного натяжения пенообразователей позволяет оценивать пригодность известных и вновь создаваемых поверхностно-активных веществ для изготовления пен и предсказывать их пенообразующую способность.

Необходимыми характеристиками для практики являются смачивающая и моющая способность, растворимость в воде, способность к пенообразованию в морской и пресной воде и многие другие. Биологическая разлагаемость ПАВ относится к числу главнейших оценочных критериев. Существенным недостатком ПАВ считается неблагоприятное воздействие на животный и растительный мир, на окружающую нас природу.

Органические и синтетические пенообразователи.

На основе белковых пенообразователей образуются пены, получаемые из разнообразных веществ, состоящих полностью из белка, либо из веществ, которые содержат его в большом количестве.

Наблюдается значительная ограниченность сырьевой базы для производства пенообразователей из животных и растительных материалов. Поэтому все большее значение приобретает производство синтетических ПАВ.

### **1.3.4 Способы получения пены**

Пена, как и любая дисперсная система, может быть получена двумя способами:

- 1) Конденсацией, т.е. объединением очень мелких (микроскопических) газовых пузырьков в более крупные.

- 2) Диспергированием, т.е. дроблением крупных воздушных пузырей и включений на более мелкие, а, следовательно, и более устойчивые.

В конденсационном методе будущая газовая фаза изначально существует в виде отдельных молекул, из которых далее образуются пузырьки. Данный метод (почти мгновенного вспенивания) является ярким примером закона газового состояния Генри: растворимость в жидкости газа увеличивается при понижении температуры или повышении давления. Если, наоборот, увеличить температуру или уменьшить давление, то газ сразу начнет выделяться, тем самым вспенивая жидкость. Методы конденсации получили широкое применение при производстве бытовых огнетушителей.

Метод диспергирования основан на образовании пены при помощи дробления и распределения газа в растворе с пенообразователем. Обычно вводят в раствор небольшие порции газа, затем их там дробят до размеров мелких пузырьков. Легче всего этого добиться, продувая газ через трубку, опущенную в жидкость, или орошая жидкостью металлическую сетку, через которую принудительно подают газ. Таким образом могут быть получены монодисперсные пены, т.е. пены, состоящие из пузырьков одинакового размера.

Наиболее мощные и эффективные установки пенообразования методом диспергирования разработаны для пожаротушения. Они настолько надежны и производительны, что нашли свое применение в самых разных отраслях народного хозяйства. Используют по большей части три группы устройств.

К первой группе относятся воздушно-пенные стволы, которые работают по принципу турбулентной струи: под давлением раствор пенообразователя выбрасывается из насадка, захватывает воздух из окружающей среды, дробится и перемешивается в турбулентном потоке. Пена, которая образуется в результате интенсивного перемешивания воздуха и раствора, выбрасывается через трубу, называемую пенным насадком. Такая

пена характеризуется малой кратностью и неоднородностью структуры, поэтому она нестойкая.

Во второй группе устройств используются насадки, формирующие распыленные струи, имеющие сейчас наиболее широкое применение. Распыленный раствор пенообразователя после вылета на высокой скорости из насадка вспенивается при контакте с воздухом. Такие устройства также создают пену низкой кратности и выбрасывают струю пены на дальние расстояния даже при небольших давлениях, что значительно облегчает тушение больших очагов пожара.

В пеногенераторах третьей группы вспенивание происходит на сетках. Раствор пенообразователя выбрасывается из насадка под давлением, попадает на ячейки сетки в виде капель и смачивает их. Поток воздуха, который подается эжектором или вентилятором, выдувает пузырьки пены на ячейках сетки. Они отрываются от сетки и образуют пену с мелкими однородными порами колоссальной кратности (1000 и более). Такие пеногенераторы производят до 15 тыс. л пены в 1 с, а дальность полета струи достигает 8–12 м.

### **1.3.5 Система тушения пожаров пневматической пеной**

В настоящее время в развитых странах мира широко применяются новые эффективные установки для тушения пожаров пневматической пеной. Превосходный результат тушения достигается главным образом за счет эффекта смешивания пенообразователя и сжатого воздуха. Из капли воды в среднем образуется семь крупных пузырей пены, поэтому эта технология имеет еще название «One seven». За счет такого значительного увеличения площади поверхности поглощается большое количество тепла.

Система пневматического пенного тушения состоит из трех основных компонентов: насоса, дозатора и компрессора.

Вода подается под давлением 8 бар от насоса, встроенного в установку. К воде от электронного дозатора подается пенообразователь в



очень малых концентрациях (0,2–1,0 %). В смесь воды и пенообразователя компрессором установки нагнетается сжатый воздух. Таким образом, пена образуется уже в установке и под давлением подается по обычным напорным рукавам диаметром 51 мм на расстояние до 1700 м и высоту до 210 м. тушение производится обычными ручными пожарными стволами, дальность подачи достигает 25 м.

За счет добавления большого количества воздуха объем огнетушащего состава увеличивается в 8 (мокрая пена) и 21 раз (сухая пена).

Установки пневматического пенного тушения и комплектующие узлы имеют модульную конструкцию, поэтому могут легко встраиваться в существующие пожарные автомобили, а также легко монтируются в новые пожарные автомобили. Производятся установки различных размеров и производительности – от 1400 до 22000 л пены в минуту, а также стационарные установки для автоматических систем пожаротушения с электроприводом и бензиновым двигателем.

В качестве примера эффективности данной технологии приведем данные по эксперименту тушения пожара класса В на нефтеперерабатывающем заводе.

Круглая ванна диаметром 10 м и площадью 78,5 м<sup>2</sup> заполнена дизельным топливом в количестве 30 м<sup>3</sup> (24 т). Время горения до начала тушения составляет 2 мин. Проводится прямое тушение подачей мокрой пены с помощью пожарного ствола с интенсивностью 3,2 л/(мин\*м<sup>2</sup>). Расход воды 250 л/мин, сжатого воздуха – 1750 л/мин. Применяется пенообразователь В (AFFF) концентрации 0,5 %. Время тушения составило 80 с при расходе воды 340 л, пенообразователя – 1,7 л.

Преимущества технологии тушения пневматической пеной по сравнению с традиционными способами тушения следующие:

- 1) Высокая эффективность тушения при минимальном расходе тушащих средств: благодаря эффективным свойствам пены (охлаждение, прилипание, смачивание, текучесть) до 80 % огнегасящего состава

используется эффективно по назначению и производится более быстрое по сравнению с обычной пеной тушение пожаров различной сложности.

- 2) Достигается значительная экономия людских и материальных ресурсов: сокращается расход топлива за счет использования автономного двигателя внутреннего сгорания установки 29–50 л/с; сокращается расход пенообразователя в 20 раз (по сравнению с технологией подачи обычной пены при одинаковом расходе воды).
- 3) Сокращается время боевого развертывания за счет использования рукавов диаметром 51 мм для прокладки рукавных линий с рабочим давлением в них не более 0,8 Мпа, что предотвращает выход из строя рукавов, а это особенно актуально при подаче пены на большие высоты.
- 4) Обеспечивается сохранность оборудования и материальных ценностей благодаря расходу значительно меньшего количества огнетушащих средств.
- 5) Наносится минимальный ущерб окружающей среде.
- 6) Пневматическая пена позволяет тушить на больших расстояниях (более 1700 м) и на высотах (до 210 м).

### **1.3.6 Огнетушащие свойства пен**

Наиболее распространенным способом тушения пожаров, который применяют пожарные подразделения, считается создание изолирующего слоя между горючим материалом или воздухом и зоной горения из огнетушащих веществ и материалов. К ведущим средствам изоляции относятся огнетушащие пены.

Пена создает изолирующий слой между зоной горения и горючими газами и парами, а также между горячей поверхностью горючего материала и теплом, которое излучает зона реакции. Под действием тепла пена разрушается, тем самым охлаждая вещество, после чего копится

достаточным слоем на горячей поверхности, который изолирует выход горючих газов и паров в зону горения. При этом жидкость, из которой получена пена, испаряется, разбавляя горючие пары и газы, поступающие в зону горения, и т.д.

Такое свойство пены, как стойкость, представляет большой интерес для работников противопожарной службы. Стойкость – это способность пены сохраняться какое-то время, не разрушаясь. Данный интерес обусловлен тем, что данное свойство определяет нормативное время тушения пенами тех или иных горючих веществ и материалов.

### **1.3.7 Основные характеристики отечественных и зарубежных пенообразователей**

В зависимости от области применения пенообразователи в России согласно ГОСТ 4.99-83 делятся на две группы – общего и целевого назначения.

Пенообразователи общего назначения (ПО-ЗАИ, ПО-ЗНП, ПО-6НП и др.) имеют углеводородную основу и предназначены для получения пены или растворов смачивателей для тушения пожаров твердых сгораемых материалов (класс А) и горючих жидкостей (класс В).

Пенообразователи целевого назначения (фторированные) используются при тушении нефти, нефтепродуктов и полярных органических жидкостей. В эту же группу включен пенообразователь «Морской», имеющий углеводородную основу. Последний может применяться для получения пены с использованием морской воды и предназначен для тушения горючих жидкостей на судах и объектах морского флота.

В зависимости от способности разлагаться под действием микрофлоры почвы и водоемов пенообразователи делятся на биологически жесткие (процент биоразлагаемости не превышает 40 %) и биологически мягкие (биоразлагаемость более 80 %). Биоразлагаемость пенообразователя указывается в его технических характеристиках.

За рубежом пенообразователи в зависимости от поверхностно-активной основы делятся на протеиновые (белковые), фторпротеиновые, синтетические (углеводородные), фторсинтетические пленкообразующие (AFFF) и фторпротеиновые пленкообразующие (FFFP).

Основу протеиновых пенообразователей составляет гидролизированный белок со стабилизирующими добавками. Они образуют пену низкой кратности, которая обладает высокой растекаемостью, теплостойкостью и способна предупреждать повторное воспламенение паров топлива. Данные пенообразователи используются при тушении углеводородов. Но способность к смешиванию с углеводородами, приводящему к их загрязнению, является существенным недостатком. Но плавная подача пены на горящую поверхность компенсируют этот недостаток. В России протеиновые пенообразователи так и не нашли применения.

Фторпротеиновые пенообразователи состоят из смеси гидролизированных и стабилизированных белков с органическими олеофобными ПАВ. Наличие фторированных ПАВ позволяет получать пену, которая устойчива к загрязнению углеводородами, и подавать ее навесными струями непосредственно на поверхность горячей жидкости. Кроме того, фторпротеиновая пена обладает повышенной огнетушащей способностью и сопротивляемостью к повторному воспламенению, в том числе и при наличии горячих металлических предметов в зоне горения.

Синтетические пенообразователи предназначены для получения пены низкой, средней и высокой кратности. Получаемая из них пена недостаточно устойчива при контакте с нагретыми углеводородами и твердыми предметами. Поэтому за рубежом не рекомендуют применять ее для тушения пожаров в крупных резервуарах и при больших проливах. Пену средней и высокой кратности рекомендуется применять для тушения пожаров в ангарах, корабельных отсеках, машинных залах, галереях и т.д.

Состав пленкообразующих пенообразователей определяют углеводородные и фторуглеродные пленкообразующие поверхностно-

активные вещества. Фторуглеродный компонент служит для снижения поверхностного натяжения водного раствора пенообразователя до значения ниже, чем у нефтепродуктов. В результате пленка раствора, который выделяется из пены, растекается по поверхности топлива и резко снижает его скорость испарения. Кроме того, фторуглеродный компонент пенообразователя придает пене инертность к углеводородным жидкостям, что существенно снижает возможность загрязнения пены топливом и позволяет подавать низкократную пену в очаг пожара навесной струей или в нижнюю часть резервуара под слой нефтепродукта. Огнетушащая эффективность пены из пленкообразующих пенообразователей типа AFFF значительно выше, чем пены из синтетических (углеводородных) пенообразователей[7].

## 2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Для определения влияния жесткости воды на пенообразование была проведена серия испытаний.

Для получения воды с различными градусами жесткости в дистиллированную воду добавлялось различное количество солей хлорида кальция. В результате получилось пять образцов воды с градусами жесткости от 5 до 7 градусов, с шагом в 0,5 градусов.

Для опыта использовались пенообразователи двух видов: УПН Майское ПО-6А3Ф и УПН Снежное ПО-6ТФ. Данные пенообразователи целевого назначения, синтетические, фторсодержащие, пленкообразующие, предназначенные для тушения пожаров классов А и В пеной низкой, средней и высокой кратности с использованием морской и пресной воды. Существуют в виде однородной жидкости без осадка и расслоения. Негорючие, взрывоопасные, умеренно опасные вещества 4 класса опасности по ГОСТ 12.1.007. Температура вспышки в открытом тигле отсутствует. Температура воспламенения отсутствует до температуры кипения. Пенообразователи обладают кумулятивными свойствами в слабой степени, не вызывают раздражения верхних дыхательных путей, при однократном контакте оказывают слабое кожнораздражающее действие, при многократном – умеренновыраженное, при попадании на слизистые оболочки глаз вызывают развитие умеренно выраженного конъюнктивита.

Испытания проводились в установке «Пена», предназначенной для определения времени тушения. В качестве горючего материала использовали н-гептан.

Воздушно-механическую пену получили путем разбавления 940 мл воды 60 мл пенообразователя.

В ходе эксперимента в круглый стальной противень наливали 200 мл н-гептана, который свободно горел в течение двух минут. После этого

подавалась пена в центр противня и засекалось время от начала подачи пены до полного прекращения горения[8].

В результате проведения эксперимента были получены результаты, представленные в таблице 1.

Таблица 3 – Врем тушения н-гептана

Жесткость воды, °Ж	Время тушения, с.	
	УПН Майское ПО-6АЗФ	УПН Снежное ПО-6ТФ
5	11	12
5,5	13	14,5
6	14,5	16
6,5	17	18
7	19	19

Полученные результаты можно представить в виде графика:

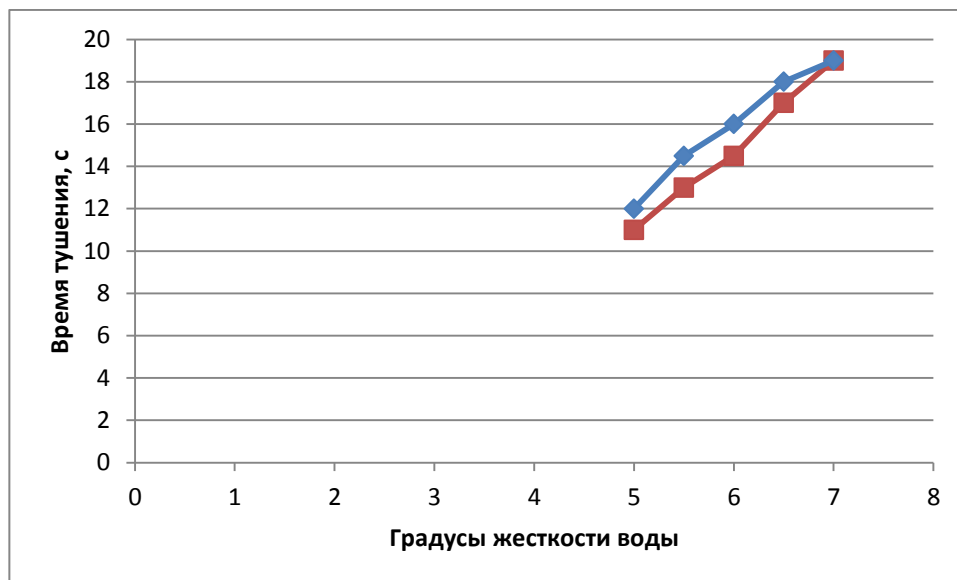


Рисунок 1 – Зависимость времени тушения н-гептана от жесткости воды

В результате проведенного исследования было выявлено, что с увеличением жесткости воды, устойчивость пены уменьшается. Устойчивость пены зависит от таких факторов, как жесткость воды и заряд активного иона ПАВ. Следовательно, с увеличением жесткости воды, увеличивается время тушения пожара. Значит, для наиболее эффективного пожаротушения необходимо использовать воду с минимальной жесткостью.

### **3.СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ**

#### **Введение**

Исследование влияния солей жесткости воды на эффективность огнетушащих свойств пенообразующих составов, применяемых при пожаротушении осуществлялось в лаборатории ФГБУ СЭУ ФПС ИПЛ по Томской области. Исследование проводилось при помощи установки для измерения времени тушения «Пена». В целях обеспечения безопасности работников и окружающей среды разработаем комплекс мероприятий технического, организационного характера, которые минимизируют негативные последствия проектируемой деятельности.

Социальная ответственность – ответственность перед людьми и данными им обещаниями, когда организация учитывает интересы коллектива и общества, возлагая на себя ответственность за влияние их деятельности на заказчиков, поставщиков, работников.

По энергозатратам работа в лаборатории относится к категории 1а. Согласно СанПиН 2.2.4.548-96 – это работа легкая физическая, которая не требует поднятия и переноса тяжестей, производится сидя или связана с ходьбой.

#### **3.1 Производственная безопасность**

##### **3.1.1 Микроклимат**

Микроклимат производственной среды – сочетание температуры, относительной влажности воздуха и интенсивности теплового излучения. Перечисленные параметры оказывают большое влияние на организм человека, на его здоровье и самочувствие, работоспособность и производительность труда.

1. Температура помещения – самый важный показатель комфортности. От температуры напрямую зависит и влажность воздуха.



Низкие температуры провоцируют отдачу тепла организмом человека, тем самым снижая его защитные функции. Если в помещении установлена некачественная теплотехника, то люди будут постоянно страдать от переохлаждений, подвергаться частым простудам, инфекционным заболеваниям и т.д.

Очень высокая температура в помещении (более 27 °С) влечёт за собой не меньшие проблемы. Борясь с жарой, организм выводит соль из организма. Такая ситуация также чревата снижением иммунитета, нарушением водно-солевого баланса, который регулирует работу многих систем в организме.

2. Влажность воздуха – это фактор, который в большой степени зависит от температуры. Если в помещении нет специальных увлажнителей воздуха, то чем выше температура, тем суше будет воздух. Здоровый человек, попав в помещение с сухим воздухом, почувствует дискомфорт уже через 10-15 минут. Если же человек уже простужен, он начнёт кашлять.

В меру влажный воздух (40–60%) создаст комфортные условия для работ и отдыха. В зимний период он способствует укреплению иммунитета, так как не позволяет пересыхать слизистой и становится уязвимой для вирусов. В летний период при комфортной влажности легче переносить жару, поддерживать здоровое состояние кожи и пр.

3. Скорость движения воздуха – в зависимости от температуры воздуха скорость его движения влияет на организм по-разному. Например, при температуре до 33–35 °С скорость в 0,15 м/с комфортна, так как при этом воздух оказывает освежающий эффект. Если температура выше 35 °С, то эффект будет обратным.

В соответствии с СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» приведем оптимальные и допустимые показатели микроклимата производственных помещений (таблица 4 и 5 соответственно).

Таблица 4 – Оптимальные показатели микроклимата

Период года	Категория работ	Температура, град. С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Легкая-Ia	22–24	40–60	0,1
Теплый	Легкая-Ia	23–25	40–60	0,1

Таблица 5 – Допустимые показатели микроклимата

Период года	Категория работ	Температура, град. С		Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		Диап. ниже о.в.	Диап. ниже о.в.		Диап. ниже о.в.	Диап. ниже о.в.
Холодный	Легкая-Ia	19–20,9	23,1–24	15–75	0,1	0,2
Теплый	Легкая-Ia	20–21,9	24,1–28	15–75	0,1	0,3

Для обеспечения оптимальных и допустимых показателей микроклимата в холодный период года следует применять средства защиты рабочих мест от остекленных поверхностей оконных проемов для предотвращения охлаждения, а в теплый период года необходимо предусмотреть защиту от попадания прямых солнечных лучей.

При измерении показателей микроклимата лаборатории отклонения от оптимальных значений не были выявлены[9].

### 3.1.2 Освещение

Плохое освещение утомляет не только зрение, но и вызывает утомление организма в целом. Неправильное освещение может быть причиной травматизма: плохо освещенные опасные зоны, слепящие лампы, резкие тени ухудшают или вызывают полную потерю зрения, ориентации.

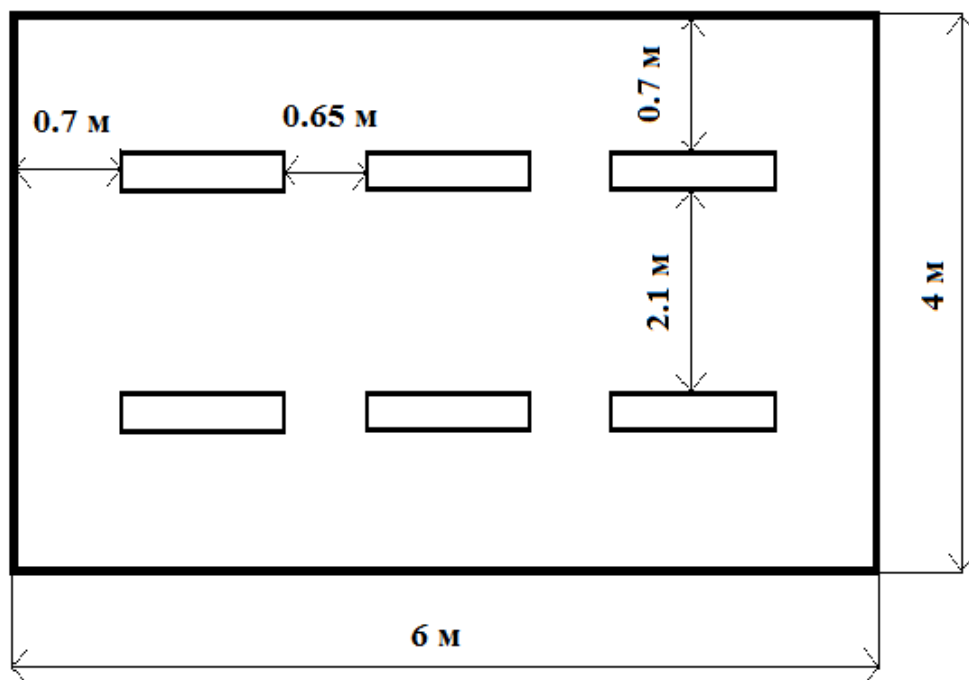
На практике используются два вида освещения: естественное и искусственное. Естественное боковое и искусственное рабочее, а также

комбинированное, которое состоит из местного освещения рабочих мест и общего освещения помещения.

Основные требования и значения нормируемой освещенности рабочих поверхностей изложены в СНиП 23-05-95\* «Естественное и искусственное освещение». В данной лаборатории проводятся работы средней точности с наименьшим размером объекта различения более 0,5 мм. Разряд зрительной работы в, подразряд 2. Освещенность рабочей поверхности от систем общего освещения составляет 200 лк, что соответствует нормативным требованиям. На рис. 1 показано размещение светильников. В качестве источника света используются газоразрядные лампы низкого давления белой цветности.

Коэффициент пульсации ламп  $K_{\text{п}}$  не превышает 20%, что не превышает нормируемых требований. Коэффициент естественной освещенности составляет 2,4%. Нормируемый показатель составляет 3%.

Изображаем в масштабе план помещения и размещения на нем светильников.



**Рисунок 2 – Размещение светильников**

При измерении показателей освещенности отклонения от нормируемых значений не были выявлены[10].

### **3.1.3 Уровень шума**

Интенсивный длительный шум оказывает негативное влияние на сердечно – сосудистую и нервную системы, может привести к ухудшению слуха, а так же оказывает негативное влияние на работоспособность и производительность труда.

Допустимым уровнем звука при работе в лаборатории считается 60 дБА, согласно ГОСТ 12.1.003-99 «Шум. Общие требования безопасности». Измеренный показатель в лаборатории составляет 40 дБА, что не противоречит установленным нормам[11].

### **3.1.4 Химические факторы**

При проведении исследования использовалось такое химическое вещество, как н-гептан. Н-гептан – бесцветная жидкость, хорошо растворимая в органических растворителях. Огнеопасен. При интенсивном вдыхании вызывает вялость и головную боль. При попадании на кожу способствует ее сухости. При приеме внутрь вызывает ощущение жжения, а также тошноту и рвоту. Для предотвращения данных симптомов во время работы использовались защитные перчатки и халат, а также очки и маска.

### **3.1.5 Электробезопасность**

Электробезопасность представляет собой систему организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока.

ГОСТ 12.1.038-82 устанавливает предельно допустимые уровни (ПДУ) напряжений и токов.

Поражающее действие электрического тока зависит от значения и длительности протекания тока через тело человека, рода и частоты тока, места протекания тока, индивидуальных свойств человека. Наиболее опасным для человека является переменный ток с частотой 20–100 Гц. Опасной величиной тока является ток, равный 0,001 А, а смертельный 0,1 А. Безопасным напряжением для человека является 12 В, условно безопасным до 36 В. Также исход электропоражения зависит от состояния внешней среды[12].

Опасность поражения человека электрическим током существует во всех случаях, когда используются электрические установки и оборудование. Для предотвращения электрического поражения необходимо по возможности исключить причины поражения к которым относятся:

- случайные прикосновения к токоведущим частям, находящимся под напряжением;
- появление напряжения на механических частях электрооборудования (корпусах, кожухах и т.д.) в результате повреждения изоляции или других причин;
- появление напряжения на отключённых токоведущих частях на которых работают люди в результате ошибочного включения;
- возникновения напряжения на поверхности земли или на опорной поверхности.

Данная лаборатория относится к первому классу опасности, так как в ней учтены все необходимые правила по электробезопасности, это сухое помещение без повышенного содержания пыли, температура воздуха нормальная, пол покрыт изоляционным материалом. Все электрооборудование и приборы находятся на своих местах и имеют защитное заземление с сопротивлением не более 4 Ом согласно ГОСТ 12.1.030-81. Все сотрудники проходят первичный инструктаж по электробезопасности[13].

### 3.1.6 Пожарная безопасность

Пожар – неконтролируемое горение вне специального очага, наносящего материальный ущерб. Согласно ГОСТ 12.1.033-81 понятие пожарная безопасность означает состояние объекта, при котором с установленной вероятностью исключается возможность возникновения и развития пожара и воздействия на людей опасных факторов пожара, а также обеспечивается защита материальных ценностей[14].

Согласно ГОСТ 12.1.004-91, помещение по степени пожароопасности относится к классу В1 (горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы).

Причинами пожара могут стать:

- токи короткого замыкания;
- неисправность электросетей
- незнание или небрежность обслуживающего персонала;

В связи с этим в лаборатории необходимо выполнять следующие нормы пожарной безопасности:

- для предотвращения перегрузки сети запрещается включать дополнительные, не предусмотренные потребители электрической энергии;
- работы в лаборатории проводить только при исправном оборудовании и электропроводке;
- иметь средства пожаротушения (огнетушитель);
- на видном месте должен быть расположен план пожарной эвакуации;
- оборудование не должно загромождать проход к выходу.

Также в лаборатории запрещается:

- пользоваться открытым огнем, курить;
- производить зарядку аккумуляторных батарей;
- хранить легко воспламеняющиеся вещества, за исключением спирта, для технологических целей[15].

### **3.1.7 Эвакуация при пожаре**

Здание ФГБУ СЭУ ФПС ИПЛ по Томской области, в котором располагается лаборатория, соответствует требованиям пожарной безопасности. В здании установлена система охранно-пожарной сигнализации, имеются в наличии порошковые огнетушители и план эвакуации, а так же установлены таблички с указанием направлений к запасному (эвакуационному) выходу.

### **3.2 Экологическая безопасность**

Охрана окружающей среды – это комплексная проблема и наиболее активная форма её решения – это сокращение вредных выбросов промышленных предприятий через полный переход к безотходным или малоотходным технологиям производства. При проведении исследований в лаборатории воздействий на окружающую среду и соответственно вреда природе не оказывалось.

При сжигании н-гептана продукты сгорания поступали в вытяжной шкаф. Влияния на атмосферу не оказывалось.

В процессе тушения пена разрушается. ПАВ обладает высокой растворимостью, следовательно, не влияет на гидросферу.

### **3.3 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

К работе в лаборатории допускаются только после прохождения инструктажа. Работа в лаборатории осуществлялась в спецодежде и средствах индивидуальной защиты органов дыхания и зрения[16].

Правильная организация рабочих мест сотрудников и создание благоприятных условий труда вносит большой вклад в работу.

Работа в лаборатории обычно отличается малой двигательной активностью, монотонностью, длительным нахождением в закрытом помещении.

Всё это вызывает быструю утомляемость и естественно отражается на результатах труда.

В лаборатории площадью 24 м<sup>2</sup> одновременно работают не более 3 человек, следовательно не нарушаются нормы площади служебного помещения.

### **Заключение**

В данной главе прописан комплекс мероприятий технического, организационного характера, которые необходимо соблюдать всем сотрудникам лаборатории. Установлены нормы микроклимата, освещенности, обеспечивающие нормальные условия для работы в лаборатории.



## **4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСНАБЖЕНИЕ**

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов.

Цель исследования – определение потребности в интеллектуальных и материальных ресурсах, необходимых для проведения комплекса этих работ. Суть работы заключается в определении влияния солей жесткости воды на эффективность огнетушащих свойств пенообразующих составов, применяемых при пожаротушении. В ходе исследования необходимо решить следующие задачи:

- 1) Планирование научно-исследовательских работ.
- 2) Определение структуры работ в рамках научного исследования.
- 3) Определение трудоемкости проведения работ.
- 4) Разработка графика проведения научного исследования.
- 5) Расчет материальных затрат НТИ.
- 6) Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.

### **4.1. Планирование научно-исследовательских работ**

#### **4.1.1 Структура работ в рамках научного исследования**

Планирование комплекса работ осуществляется в следующем порядке:

- 1) Определение структуры работ в рамках научного исследования.
- 2) Определение участников каждой работы.
- 3) Установление продолжительности работ.

#### 4) Построение графика проведения научных исследований.

Таблица 6 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ Раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение темы проекта	Научный руководитель
	2	Выдача задания по тематике проекта	Научный руководитель
Выбор направления исследований	3	Постановка задачи	Научный руководитель
	4	Определение стадий, этапов и сроков разработки проекта	Научный руководитель, студент
	5	Подбор литературы по тематике работы	Студент
	6	Сбор материалов и анализ существующих разработок	Студент
Теоретические и экспериментальные исследования	7	Проведение теоретических и экспериментальных расчетов и обоснований	Студент
	8	Анализ конкурентных методик	Студент
	9	Выбор наиболее подходящей и перспективной методики	Студент
	10	Согласование полученных данных с научным руководителем	Студент, научный руководитель
Обобщение и оценка результатов	11	Оценка эффективности полученных результатов	Студент
	12	Работа над выводами по проекту	Студент
Оформление отчета по НИР	13	Составление пояснительной записки к работе	Студент

##### 4.1.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ожі}$  используется следующая формула:

$$t_{ож\ i} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (1)$$

где  $t_{ож\ i}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_{pi}$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ож\ i}}{Ч}, \quad (2)$$

где  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ож\ i}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

#### 4.1.3 Разработка графика проведения научного исследования

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \times k_{\text{кал}}, \quad (3)$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (4)$$

где  $T_{\text{кал}}$  – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$  – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$  – количество праздничных дней в году.

Согласно данным производственного и налогового календаря на 2018 год, количество календарных дней составляет 365 дней, количество рабочих дней составляет 247 дней, количество выходных – 104 дней, а количество предпраздничных дней – 14, таким образом:

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48 \quad (5)$$





Все полученные значения заносим в таблицу (табл.7).



После заполнения таблицы, строим календарный план-график (табл.8). График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике выделяем различной штриховкой в зависимости от исполнителей.

Таблица 7 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ									Исполнители	Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$			Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$				
	$t_{min}$ , чел-дни			$t_{max}$ , чел-дни			$t_{oji}$ , чел-дни				Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3		
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3									
Составление и утверждение темы проекта	2	2	2	5	5	5	3,2	3,2	3,2	Руководитель			3	3	3	5	5	5
Выдача задания по тематике проекта	1	1	1	2	2	2	1,8	1,8	1,8	Рук.–студент			2	2	2	3	3	3
Постановка задачи	1	1	1	2	2	2	1,8	1,8	1,8	Студент			2	2	2	3	3	3
Определение стадий, этапов и сроков разработки проекта	3	1	2	5	2	4	3,8	1,8	2,8	Рук. – студ.			2	1	1,5	3	1	2
Подбор литературы по тематике работы	7	6	7	10	8	10	8,2	6,8	8,2	Студент			8	7	8	12	10	12
Сбор материалов и анализ существующих методик	14	14	14	17	17	17	15,2	15,2	15,2	Студент			15	15	15	23	23	23
Проведение теоретических и экспериментальных расчетов и обоснований	7	7	7	9	9	9	7,8	7,8	7,8	Студент			8	8	8	12	12	12
Анализ конкурентных методик	5	5	5	7	7	7	5,8	5,8	5,8	Студент			6	6	6	9	9	9
Выбор наиболее подходящей и перспективной методики	3	2	3	5	4	3	3,4	2,4	3,4	Рук. – студ.			3	1	3	4	2	4
Согласование полученных данных с научным руководителем	2	1	2	5	3	4	3,2	1,8	2,8	Рук. – студ.			1,5	1	1,5	2	1	2
Оценка эффективности полученных результатов	2	2	2	3	3	3	2,4	2,4	2,4	Студент			2,5	2,5	2,5	4	4	4
Работа над выводами по проекту	1	1	1	2	2	2	1,4	1,4	1,4	Студент			2	2	2	3	3	3
Составление пояснительной записки к работе	4	4	4	6	6	6	4,8	4,8	4,8	Студент			5	5	5	7	7	7

Таблица 8 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ Работ	Вид работ	Исполнители	Т <sub>кi</sub> , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ								
				март			апрель			май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление и утверждение темы проекта	Руководитель	5									
2	Выдача задания по тематике проекта	Студент	3									
3	Постановка задачи	Студент	3									
4	Определение стадий, этапов и сроков разработки проекта	Руководитель, Студент	3		 							
5	Подбор литературы по тематике работы	Студент	12									
6	Сбор материалов и анализ существующих методик	Студент	23									
7	Проведение теоретических и экспериментальных расчетов и обоснований	Студент	12									
8	Анализ конкурентных методик	Студент	9									
9	Выбор наиболее подходящей и перспективной методики	Руководитель, Студент	4								 	
10	Согласование полученных данных с научным руководителем	Руководитель, Студент	2								 	
11	Оценка эффективности полученных результатов	Студент	4									
12	Работа над выводами	Студент	3									
13	Составление пояснительной записки к работе	Студент	7									

 – студент;  – научный руководитель.

#### 4.1.4 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета НТИ необходимо обеспечить полное и верное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

##### 4.1.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \times \sum_{i=1}^m C_i \times N_{расхi}, \quad (6)$$

где  $m$  – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.);

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Транспортные расходы принимаются в пределах 15–25% от стоимости материалов.

Таблица 9 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, (З <sub>м</sub> ), руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Бумага	лист	150	100	130	2	2	2	345	236	169
Картридж	шт.	1	1	1	1000	1000	1000	1150	1150	1150
Интернет	М/бит (пакет)	1	1	1	350	350	350	402,5	402,5	402,5
Дополнительная литература	шт.	2	1	1	400	350	330	920	402,5	379,5
Электрoэнергия	кВт/час	34	39	41	2,7	2,7	2,7	105,57	121,1	127,31
Итого								2958,57	2347,6	2263,81

#### 4.1.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

Согласно исследованию, приведенному в данной работе, затраты по статье «специальное оборудование для научных работ» не предусматриваются.

#### 1.4.4.3 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы

В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20–30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в табл. 5.

Таблица 10 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.			Зарботная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.			Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.		
			Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1.	Составление и утверждение темы проекта	Руководитель	2	2	2	3,6	3,6	3,6	7,2	7,2	7,2
2.	Выдача задания по тематике проекта	Руководитель, студент	1	1	1	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4
3.	Постановка задачи	Студент	1	2	1,5	0,8	0,8	0,8	0,8	1,6	1,2
4.	Определение стадий, этапов и сроков разработки проекта	Руководитель, студент	2	1	1,5	4,4	4,4	4,4	8,8	4,4	6,6
5.	Подбор литературы по тематике работы	Студент	7	9	8	0,8	0,8	0,8	5,6	7,2	6,4
6.	Сбор материалов и анализ существующих методик	Студент	14	15	15	0,8	0,8	0,8	11,2	12	12
7.	Проведение теоретических и экспериментальных расчетов и	Студент	8	8	8	0,8	0,8	0,8	6,4	6,4	6,4
8.	Анализ конкурентных методик	Студент	5	6	5	0,8	0,8	0,8	4	4,8	4



Продолжение таблицы

№ п/ п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.			Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.			Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.		
			Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
9.	Выбор наиболее подходящей и перспективной методики	Руководитель, Студент	3	1,5	3	4,4	4,4	4,4	13,2	5,9	13,2
10.	Согласование полученных данных с научным руководителем	Руководитель, Студент	2	1	1,5	4,4	4,4	4,4	8,8	4,4	6,6
11.	Оценка эффективности полученных результатов	Студент	2	2,5	3	0,8	0,8	0,8	1,6	2	2,4
12.	Работа над выводами по проекту	Студент	2	2	2	0,8	0,8	0,8	1,6	1,6	1,6
13.	Составление пояснительной записки к работе	Студент	6	5	6	0,8	0,8	0,8	4,8	4	4,8
Итого:									66	65,9	76,8

Проведем расчет заработной платы относительно того времени, в течение которого работал руководитель и студент. Принимая во внимание, что за час работы руководитель получает 450 рублей, а студент 100 рублей (рабочий день 8 часов).

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп}, \quad (7)$$

где  $З_{осн}$  – основная заработная плата;

$З_{доп}$  – дополнительная заработная плата (12–20 % от  $З_{осн}$ ).

Максимальная основная заработная плата руководителя (доктора наук) равна примерно 32400 рублей, а студента 44000 рублей.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \times З_{\text{осн}}, \quad (8)$$

где  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12–0,15).

Таким образом, заработная плата руководителя равна 37260 рублей, студента – 51060 рублей.

#### 4.1.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \times (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (9)$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2018 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2018 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Таблица 11 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб			Дополнительная заработная плата, руб		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Руководитель проекта	36000	23400	32400	5400	3510	4860
Студент-дипломник	42400	43200	44400	6360	6480	6660
Коэффициент отчислений	0,271					
Итого						
Исполнение 1	24433,4 руб.					
Исполнение 2	20755,9 руб.					
Исполнение 3	23934,7 руб.					

#### 4.1.4.5 Накладные расходы

Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\sum \text{статей}) \times k_{\text{нр}}, \quad (10)$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%. Таким образом, наибольшие накладные расходы равны:

при первом исполнении  $Z_{\text{накл}} = 103291 \cdot 0,16 = 16526,6$  руб.

при втором исполнении  $Z_{\text{накл}} = 98881,5 \cdot 0,16 = 15821,04$  руб.

при третьем исполнении  $Z_{\text{накл}} = 114526,5 \cdot 0,16 = 18324,24$  руб.

#### 4.1.4.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Таблица 12 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1. Материальные затраты НТИ	2958,57	2347,6	2263,81	Пункт 4.1.4.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	-	-	-	Пункт 4.1.4.2
3. Затраты по основной и дополнительной заработной плате	75900	75785	88320	Пункт 4.1.4.3
4. Отчисления во внебюджетные фонды	24433,4	20755,9	23943,7	Пункт 4.1.4.4
5. Накладные расходы	16526,6	15821,04	18324,24	16 % от суммы ст.1-5
6. Бюджет затрат НТИ	119818,57	114709,54	132851,75	Сумма ст. 1- 6

Сравнив бюджет затрат научно-исследовательского проекта, можно сделать вывод о том, что второе исполнение является более эффективным вариантом решения задачи, поставленной в данной работе с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведенного исследования была выполнена поставленная цель, а именно, изучены такие средства тушения пожаров, как пена, и влияние на их использование солей жесткости воды. Выполнение цели обеспечивалось выполнением следующих задач:

1. Изучены и проклассифицированы огнетушащие вещества.
2. Изучены огнетушащие вещества изоляции.
3. Определено, как влияет на пенообразование соли жесткости воды.

В результате проведенного исследования было выявлено, что с увеличением жесткости воды, устойчивость пены уменьшается.

В результате проведенного исследования было выявлено, что объем образованной пены зависит от жесткости воды и особенностей пенообразователя. Устойчивость пены зависит от таких факторов, как жесткость воды и заряд активного иона ПАВ. А также определено, что с ростом жесткости воды объем и устойчивость пены уменьшается. Отсюда следует, что чем больше жесткость воды, тем больше времени требуется на тушение пожара. Значит, для наиболее эффективного пожаротушения необходимо использовать воду с минимальной жесткостью. Вода поверхностных источников имеет относительно невысокую жесткость, по сравнению с водой подземных источников. Также жесткость озер и рек значительно меньше, чем в морях и океанах. Таким образом, при тушении пожара наиболее целесообразно использовать воду поверхностных источников. Это имеет большое практическое значение, так как от времени тушения пожара зависит количество спасенных человеческих жизней.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Константинов, Владимир Михайлович. Охрана природы: учебное пособие для студентов высших педагогических учебных заведений / В. М. Константинов. — Москва: Академия, 2000. — 240 с.
2. Бабенко, Сергей Александрович. Человек и вода: монография / С. А. Бабенко, О. К. Семакина; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Юргинский технологический институт (ЮТИ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2013. — 146 с.
3. Пожарная безопасность: учебник / под ред. Л. А. Михайлова. — Москва: Академия, 2013. — 223 с.
4. Петров, Сергей Викторович. Опасные ситуации техногенного характера и защита от них: учебное пособие / С. В. Петров, В. А. Макашев. — Москва: ЭНАС, 2008. — 224 с.
5. Справочник инженера пожарной охраны: учебно-практическое пособие / В. С. Лебедев, Д. Б. Самойлов, А. Н. Песикин и др.. — Москва: Инфра-Инженерия, 2005. — 765 с.
6. Терещнев, Владимир Васильевич. Пожарная тактика. Основы тушения пожаров: учебное пособие / В. В. Терещнев, А. В. Подгрушный; под ред. М. М. Верзилина. — Москва: Пожнаука, 2009. — 512 с.
7. Горбань, Юрий Иванович. Пожарные роботы и ствольная техника в пожарной автоматике и пожарной охране / Ю. И. Горбань. — Москва: Пожнаука, 2013. — 352 с.
8. ГОСТ Р 50588-2012 Пенообразователи для тушения пожаров. Общие технические требования и методы испытаний
9. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
10. СНиП 23-05-95\*. Естественное и искусственное освещение.
11. ГОСТ 12.1.003-99. Шум. Общие требования безопасности.

- 12.ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
- 13.ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.
- 14.ГОСТ 12.1.033-81 ССБТ. Пожарная безопасность. Термины и определения.
- 15.ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.
- 16.ПНД Ф 12.13.1-03. Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения).